

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06174982
PUBLICATION DATE : 24-06-94

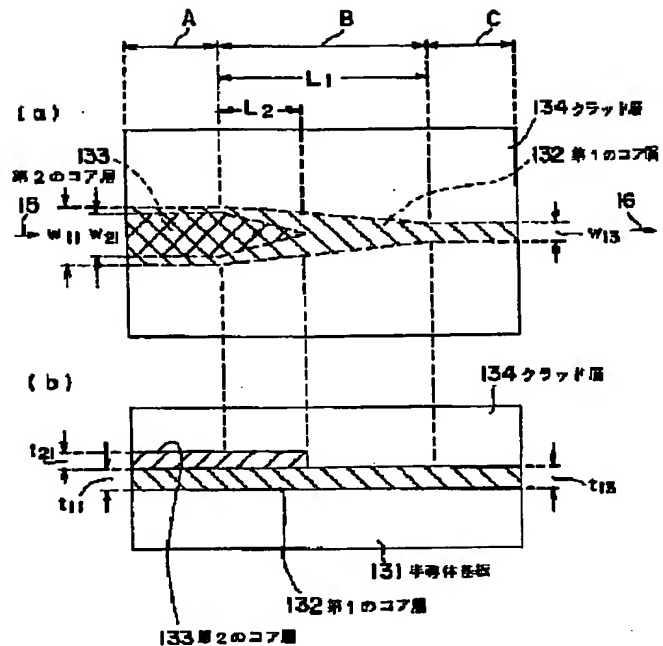
APPLICATION DATE : 03-12-92
APPLICATION NUMBER : 04324214

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>;

INVENTOR : NAGANUMA MITSURU;

INT.CL. : G02B 6/42 G02B 6/12 H01S 3/18

TITLE : OPTICAL COUPLING DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To provide the optical coupling device of a small size capable of coupling two different optical function elements, more particularly the space of the optical function elements integrated with plural devices to each other with low loss.

CONSTITUTION: A second core layer 133 formed to a tapered shape along a propagation direction of light is formed on a first core layer 132 formed to the tapered shape along the propagation direction of the light on a semiconductor substrate 131 and the length in the propagation direction of the light of the second core 133 is formed shorter than the length of the first core 132. As a result, the spot size of the light propagating the core layer is changed according to a change in the size of the core layer and the state of confining the light in the core layer is changed by the relative sizes thereof. The loss in the core layers is lowered by setting the relative sizes at prescribed values. As a result, the optical coupling device is constituted to a small size with the low-loss optical coupling characteristic and the higher integration of the devices is realized.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-174982

(43) 公開日 平成6年(1994)6月24日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/42

7132-2K

6/12

A 9018-2K

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平4-324214

(22) 出願日

平成4年(1992)12月3日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 三冨 修

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 笠谷 和生

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 永沼 充

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 吉田 精孝

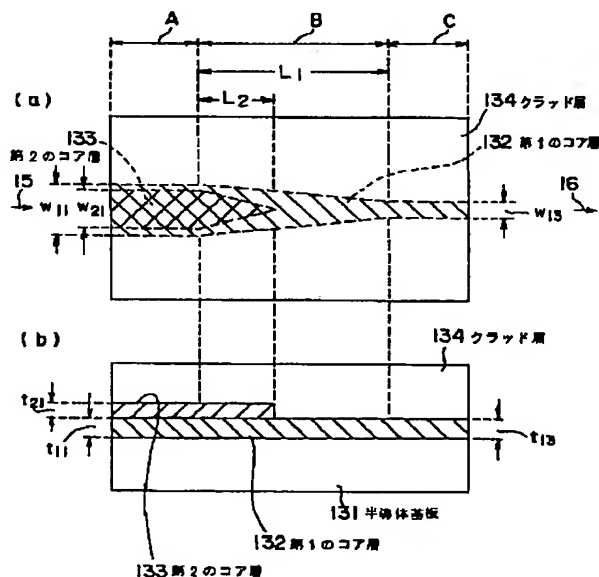
(54) 【発明の名称】 光結合デバイス

(57) 【要約】

【目的】 異なる2の光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で結合することができる小形の光結合デバイスを提供すること。

【構成】 半導体基板131上に、光の伝搬方向に沿ってテーパ形状に形成された第1のコア層132の上に、光の伝搬方向に沿ってテーパ形状に形成された第2のコア層133を形成し、かつ第2のコア層133の光の伝搬方向の長さを第1のコア層132の長さよりも短く形成する。これにより、コア層を伝搬する光のスポットサイズは、コア層の大きさの変化に伴って変化すると共に、コア層における光の閉じ込め状態はこれらの相対的な大きさに基づいて変化され、この相対的な大きさを所定値に設定することによりコア層における損失が低減される。

【効果】 低損失な光結合特性を小形に構成することができ、デバイスの高集積化を実現することができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に形成された光導波層が光の伝搬方向に沿ってその大きさを徐々に変化させた構造を有する光結合デバイスにおいて、

前記光導波層の上に、光の伝搬方向に沿ってその大きさを徐々に変化させた第2の光導波層を有し、かつ該第2の光導波層の光の伝搬方向の長さが、前記光導波層の長さよりも短く形成されている、

ことを特徴とする光結合デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光導波路を伝わる光波のスポット径を低損失で変換する光結合デバイスの構成に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザダイオード(LD)と単一モードファイバとの間を光結合させる際、レーザダイオード素子端面とファイバを直接突合せ結合(バットジョイント)させた場合、互いの光導波路光波スポットサイズが異なっているために、直接突合せ部の結合損失が問題になる。通常、レーザダイオードの光波スポットサイズ(モード半径:W)は1μm程度であり、ファイバのスポットサイズは約5μmであるので、この結合損失は約10dBになる。そこで、レンズによってスポットサイズを変換することによって結合損失を低減化する方法が一般にとられている。

【0003】 複数のレーザダイオード(LD)を形成した光機能素子とアレーファイバとの間を、1個のレンズで光結合させる場合について、従来の結合における構成例を図2に示す。図において、21は光機能素子で、半導体基板211上にレーザダイオードの活性領域(光導波路部)212を形成することにより複数のレーザダイオードが形成されている。22はレンズ、23はアレーファイバで、ファイバ231、及びファイバ231を一定間隔で固定するためのV-グループアレー232からなる。このような構成においては、レーザダイオードの集積規模が大きくなるに従って、レンズ22の収差等の影響により結合損失が大きくなるために、1個の半導体基板211に集積できるレーザダイオードの個数に制限があった。

【0004】 この様な、レーザダイオードとファイバ間の結合損失を低減させる方法として、図3に示すような、テーパ状の光導波路により光のスポットサイズを変換する光結合デバイスを、レンズ22の代わりとして用いて、レーザダイオードとファイバ間を低損失に光結合させる方法がある。

【0005】 図3の(a)は、光結合デバイスの平面断面図、(b)は側面断面図である。図において、31、32はクラッド層、33はコア層である。また、図4はコア層の大きさとスポットサイズの関係を示す図であり、横軸はコア層33の大きさ(厚さt、幅w)、また縦軸は

2

スポットサイズをそれぞれ表し、特性曲線における実線部分は単一モード領域を、また破線部分は多モード領域をそれぞれ表している。この様な構成において、図4に示すように、次式で表される光導波路のコア層33の屈折率差Δnを一定の大きさに固定した場合、

$$\Delta n = (n_2 - n_1) / n_1$$

(n1:クラッド層31、32の屈折率、n2:コア層33の屈折率)

コア層33の厚さt及び幅wを0から次第に大きくしていくと、導波光(基本モード光)のスポットサイズWは、無限の大きさから次第に小さくなり、極小値をとった後、再び大きくなる関係がある。ここで、コア層33の厚さt、或は幅wが大きくなり過ぎると多モード導波路になり、高次モード変換による損失が大きくなるために通常、この領域の寸法は用いられない。この関係を利用して、光結合デバイスのコア層33の大きさ(厚さt、幅w)の設計においては、光入射端側(レーザダイオードとの結合側)では、レーザダイオードの光のスポットサイズ(約1μm)と同程度のスポットサイズWiを与える寸法wi、ti(=数100nm~数μm)に、また光出射端側では、ファイバのスポットサイズ(約5μm)と同程度大きさWoを与える寸法to、wo(=数10~数100nm)にそれぞれ設定される(具体的設計例については、例えば1992年電子情報通信学会秋季全国大会誌、C-201、1992を参照)。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述した従来の光結合デバイスにおいては、コア層33の大きさがテーパ状になる領域の長さLは、放射損失を低減するために必要な長さに設定されるが、例えば放射損失を0.1dB以下に抑えるには約1nm以上の長さを必要とする。このため、デバイスの大きさが大きくなる等のデバイスの高集積化に伴う問題を有していた。

【0007】 本発明の目的は上記の問題点に鑑み、異なる2の光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で結合することができる小形の光結合デバイスを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記の目的を達成するため、半導体基板上に形成された光導波層が光の伝搬方向に沿ってその大きさを徐々に変化させた構造を有する光結合デバイスにおいて、前記光導波層の上に、光の伝搬方向に沿ってその大きさを徐々に変化させた第2の光導波層を有し、かつ該第2の光導波層の光の伝搬方向の長さが、前記光導波層の長さよりも短く形成されている光結合デバイスを提案する。

【0009】

【作用】 本発明によれば、半導体基板上に形成され、光の伝搬方向に沿ってその大きさが徐々に変化する光導波層、例えばテーパ形状に形成された光導波層の上に、光

の伝搬方向に沿ってその大きさが徐々に変化する第2の光導波層、例えば前記光導波層と同様にテーパ形状に形成された第2の光導波層が設けられ、かつ該第2の光導波層の光の伝搬方向の長さは前記光導波層の長さよりも短く形成される。これにより、前記光導波層及び第2の光導波層を伝搬する光のスポットサイズは、前記光導波層及び第2の光導波層の大きさの変化に伴って変化すると共に、前記光導波層及び第2の光導波層における光の閉じ込め状態は前記光導波層に対する第2の光導波層の相対的な大きさに基づいて変化され、この相対的な大きさを所定値に設定することにより前記光導波層及び第2の光導波層における損失が低減される。

【0010】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例と原理を詳細に説明する。図1は本発明の第1の実施例における結合例を示す構成図、図5は第1の実施例の光結合デバイスを示す構成図、図6は本発明の原理を説明するための図である。

【0011】図1の(a)(b)は、アレーレーザダイオード素子11とアレーファイバ12の間に、本発明の光結合13を挿入して低損失に光結合をとる場合の構成図である。図1の(a)は上面図、(b)は概略側面断面図である。アレーレーザダイオード素子11は、半導体基板111上にレーザダイオードの活性領域(光導波路部)112を形成することにより構成され、アレーファイバ12はファイバ121と、ファイバ121を一定間隔で固定するためのV-グループアレー122によって構成されている。

【0012】また、光結合デバイス13は、半導体基板131、半導体基板131上に形成された第1のコア層132、第1のコア層132上に形成された第2のコア層133、これらの上面を覆うクラッド層134、及び前後端のそれぞれに形成された反射防止膜135によって構成されている。この構成では、光結合デバイス13の第1及び第2のコア層132,133によってレーザダイオードの光波スポットサイズから次第に大きさを変換し、光出射端部において光波スポットサイズを所定のサイズに変換している。

【0013】即ち、図5の(a)は第1の実施例の光結合デバイス13の要部を示す上面図、(b)はその中心部の側面断面図であり、半導体基板131は例えばInP等で構成され、屈折率 n_1 を有する。また、第1のコア層132はスポットサイズ変換用導波路をなし、例えばInGaAsPによって形成され、第2のコア層133は例えばInGaAs或はInGaAsPによって形成される。また、半導体クラッド層134は例えばInPによって形成される。これら半導体基板131、第1及び第2のコア層132,133及びクラッド層134の屈折率の大きさは、それぞれ n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 であり、 n_1 、 $n_4 < n_2$ 、 n_3 の関係に設定されている。15はレーザダイオードからの入射光の進行方向、16は単一モード光ファイバ側の拡大された出

射光の進行方向である。

【0014】図中の一端側領域Aの光導波路部ではレーザダイオードの光波スポットサイズとほぼ同じ大きさのモードサイズを有しており、他端側領域Cではファイバと直接光結合させた場合に低損失な結合特性を得る拡大されたモードサイズになるように、コア層132,133の寸法(幅 w 、厚さ t)と屈折率 n の大きさがそれぞれ設定されている。中間の領域Bではコア層132の幅 w がテーパ状に形成されており、第1のコア層132のテーパ長さは L_1 である。第2のコア層133のテーパ部は第1のコア層132のテーパ部の途中まで形成されており、その長さは L_2 に設定される。

【0015】以下、本発明の原理を説明する。図3(a)、(b)に示す従来のスポットサイズ変換用テーパ導波路においては、図4から分かるように、そのコア寸法(厚さ t 、幅 w)を小さくすると、スポットサイズは厚さ t 、幅 w が小さくなるに従って急激に大きくなる傾向がある。従って、テーパ長さを固定した場合、テーパ部の放射損失を小さくするには、導波路(コア層)が閉じ込めの強い(スポットサイズが比較的小さい、あるいはコア寸法が比較的大きい)状態では相対的に速やかにコア寸法を変化させ、閉じ込めの弱い(スポットサイズが比較的大きい)状態では相対的に緩やかに変化させれば良い。このことから、図5に示す第1の実施例では第2のコア層133のテーパ長さ L_2 を全テーパ長さ L_1 より短くすることによって、閉じ込めの強い領域A付近で実効的なコア寸法を相対的に速やかに変化させることにより、テーパ部の放射損失を小さくしている。

【0016】図6は、本発明の効果を確認するために、図中に示す2次元導波路(スラブ導波路)モデルに対して、テーパに起因する放射モード電力の、テーパ部の長さ L_1 に対する依存性を固有モード結合法(電子情報通信学会論文誌vol. J63-C, NO. 2, pp. 104-111, 1980参照)により計算した一例を示す。ここでは、テーパ長さの比 L_2/L_1 をパラメータにしており、この比を1、3/4、1/2、1/3としたときの特性を示している。さらに、参考として従来の単層コアタイプの計算例も合わせて示した。

【0017】計算で使用したパラメータは、通常の半導体レーザ(波長 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ 帯)を考慮して、第1のコア層132は屈折率 $n_2 = 3.3$ 、一端側の幅 $w_{11} = 0.12 \mu\text{m}$ 、他端側の幅 $w_{13} = 0.05 \mu\text{m}$ に設定し、第2のコア層133は屈折率 $n_3 = 3.45$ 、一端側の幅 $w_{21} = 0.1 \mu\text{m}$ に、また半導体基板131及びクラッド層134は屈折率 $n_3 = n_4 = 3.17$ (InP)にそれぞれ設定した。尚、図中の放射損失特性は、実際の3次元テーパ導波路の場合の概算値である。図から分かるように、本発明によると、テーパ長さ L_1 を従来と同程度にすると放射損失を小さくできる。一方、放射損失を例えば0.1dBとすると、テーパ長さ L_1 を従来の約

1. 5mmから0.7mm以下にでき、コンパクトな光結合デバイスが実現できることが分かる。

【0018】図7は本発明による光結合デバイスの第2の実施例の要部を示す構成図であり、図7(a)は上面図、(b)は中心部の側面断面図である。図において、701は半導体基板、702は第1のコア層、703は第2のコア層、704はクラッド層、である。第2の実施例では、第1及び第2のコア層702、703の厚さ t をテーパ状にしてスポットサイズを変換しており、これによっても第1の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0019】本光結合デバイスは半導体材料より構成されるので、例えば、一端側の領域Aもしくは他端側の領域Cに半導体レーザやLDアンプ、光スイッチ等の光機能素子を形成し、本結合デバイスを同一基板上にモノリシック集積化した光デバイスを実現する事も可能である。この場合、半導体基板上に、光機能素子導波路を形成する時に、本光結合用導波路を同時に形成したり、或は光機能素子部を形成した後、互いの導波路を直接突合させるように光結合用テーパ導波路を形成しても良い。また、図5及び図7に示す領域A、Bにおいて、第2のコア層133、703をレーザダイオード(LD)の活性層とし、第1のコア層132、702をレーザダイオード(LD)のガイド層として構成しても良い。

【0020】図8は本発明による光結合デバイスの第3の実施例の要部を示す構成図で、レーザダイオードとスポットサイズ変換部をモノリシック集積化した例であり、図8(a)は上面図、(b)は中心部の側面断面図である。図において、801は半導体基板、802は第1のコア層、803は第2のコア層、804はクラッド層、である。第3の実施例では、一端側の領域A及び中間領域Bの第2コア層803をLD活性層とし、一端側領域Aの第1のコア層802の幅を広く形成することによって、レーザ部の導波路伝搬損失を低減し、高性能なLD特性を実現することができた。

【0021】以上説明した第1乃至第3の実施例においては、第1及び第2のコア層の屈折率 n_2 、 n_3 の大きさは半導体材料を選ぶ事により任意に設定できる。例えば、波長 $\lambda = 1.55\mu\text{m}$ 帯の光に対してInGaAsPの屈折率は、その組成によって、約3.2から3.5程度まで任意の大きさに設定できる。また、コア層として多重量子井戸層を用い、井戸層、障壁層の材質・厚さを選択することにより任意に屈折率を設定できる。さらに、例えば選択成長マスクやエピタキシャル選択成長技術、あるいはフォトリソグラフィ技術等を用いる事により、導波路の屈折率 n_2 、 n_3 や寸法 w 、 t の大きさをテーパ状に設定・製作することができる。

【0022】また、第1乃至第3の実施例では、InP基板上にスポットサイズ変換用導波路を形成する場合について説明したが、他の半導体材料、例えばGaAs系や、あるいはSiO₂等のガラス導波路に対しても同様の効果を得

ることができる。

【0023】さらに、第1乃至第3の実施例では、光導波路のクラッド部になる半導体基板の材料とクラッド層の材質を同じにした場合について説明したが、これらに異なった材料を組み合わせる非対象構造の導波路を構成しても良いし、第1のコア層及び第2のコア層の数を複数として構成したり、或は第1及び第2のコア層を同一材質にしてテーパ部領域Bの途中でその厚さ t もしくは幅 w を変えて、その形状を図5、図7、図8に示す第1乃至第3の実施例の形状と同じにしても良い。また、コア層のテーパ形状として、直線状だけでなく、指数関数或は放物線等の曲線形状にしても本発明の効果を得る事ができる。

【0024】さらにまた、第1乃至第3の実施例では、レーザダイオードと光ファイバを接続する場合について説明したが、この他に、他の半導体光導波路部品、あるいはガラス導波路部品などあらゆる光導波路部品との接続部に対しても、それら導波路の光強度分布に合わせるように本発明による光結合デバイス導波路の寸法、屈折率の大きさを設定すれば、低結合損失の特性を実現できる事は明白である。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光導波層及び第2の光導波層を伝搬する光のスポットサイズは、前記光導波層及び第2の光導波層の大きさの変化に伴って変化すると共に、前記光導波層及び第2の光導波層における光の閉じ込め状態は前記光導波層に対する第2の光導波層の相対的な大きさに基づいて変化され、この相対的な大きさを所定値に設定することにより前記光導波層及び第2の光導波層における損失が低減されるので、低損失な光結合特性を小形に構成することができ、デバイスの高集積化を実現することができるという非常に優れた効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光結合デバイスの第1の実施例における結合例を示す構成図

【図2】従来の光結合方法を示す構成図

【図3】従来の光結合デバイスの一例を示す構成図

【図4】従来の光結合デバイスの動作原理を説明する図

【図5】本発明による光結合デバイスの第1の実施例の要部を示す構成図

【図6】第1の実施例の動作原理を説明するためのテーパ導波路の長さ w と放射損失との関係を示す図

【図7】本発明による光結合デバイスの第2の実施例の要部を示す構成図

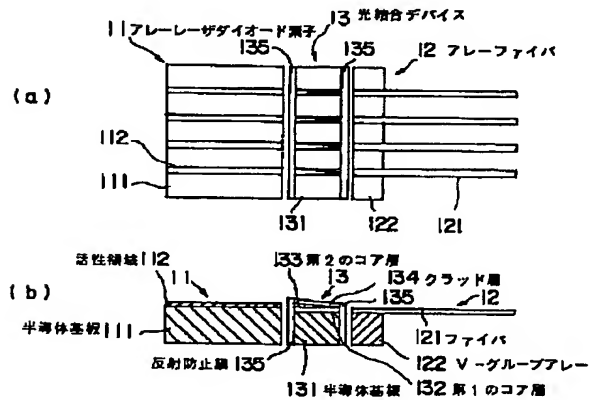
【図8】本発明による光結合デバイスの第3の実施例の要部を示す構成図

【符号の説明】

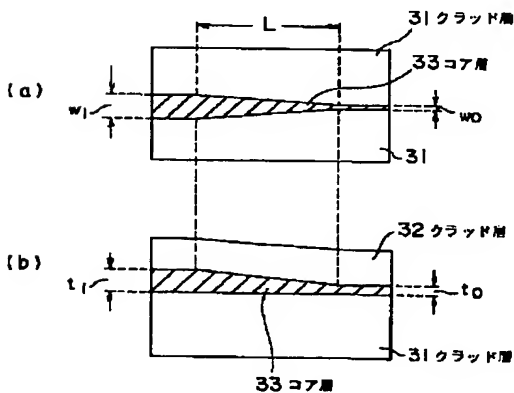
11…アレーレーザダイオード素子、111…半導体基板、112…活性領域、12…アレーファイバ、121…ファ

イバ、122…V-グループアレー、13…光結合デバイス、131, 701, 801…半導体基板、132, 702, 802…第1のコア層、133, 703, 803…第2のコア層、134, 704, 8

【図1】

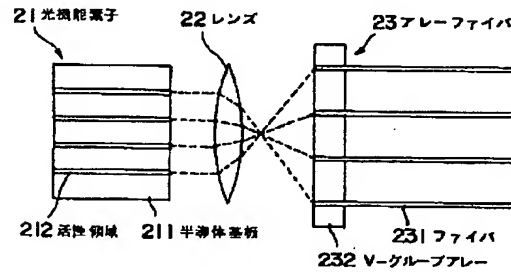


【図3】

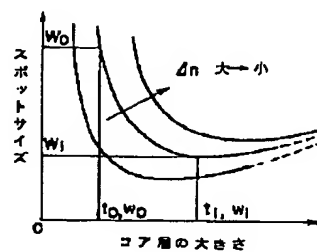


04…クラッド層、135…反射防止膜、15, …入射光進行方向、16, …出射光進行方向。

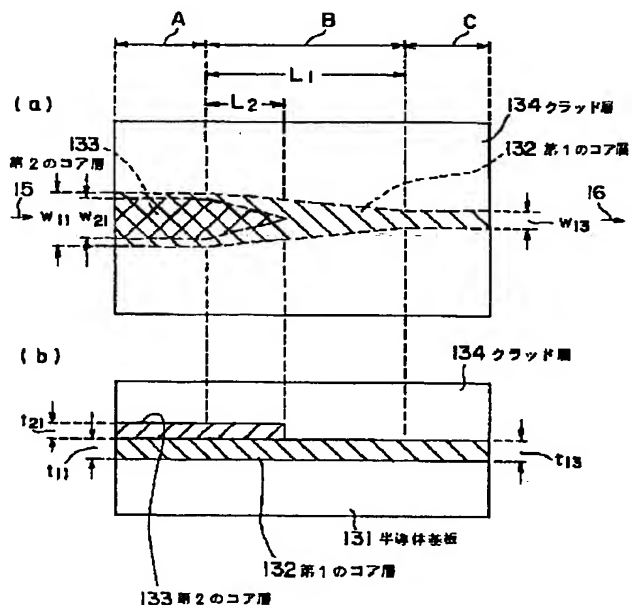
【図2】



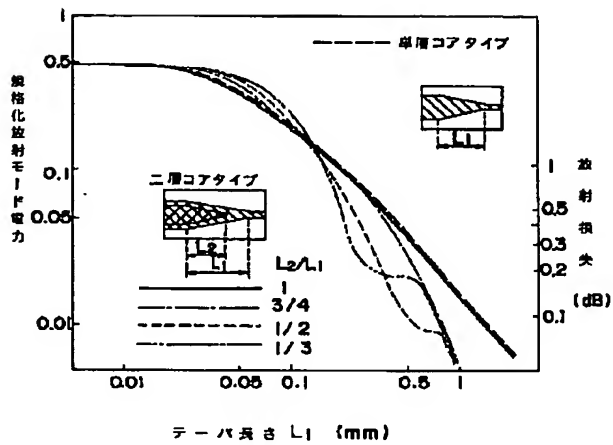
【図4】



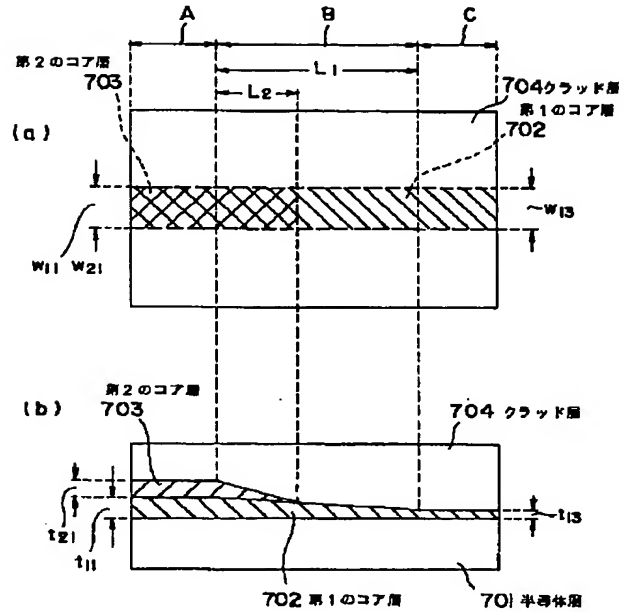
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

